

6. Кошевой Н.Д., Костенко Е.М., Чуйко А. С. Применение методов ветвей и границ и последовательного приближения для оптимизации моделирования процесса получения пористых материалов // Оптимизация производственных процессов. – 2011, Вып. 13, – С. 69-74.
7. Кошевой Н.Д., Костенко Е.М., Чуйко А. С. Алгоритм оптимизации композиционных планов второго порядка методом ветвей и границ // Математичне моделювання. – 2010. – №2(23). – С. 14-18.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Мещеряковим Л.І.  
Надійшла до редакції 11.11.13*

УДК 622.73: 004.67:004.9

© Л.И. Мещеряков, В.А. Новодранова, А.В. Прядко

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТРУЙНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Проведений аналіз особливостей струменевого подрібнення. Показана можливість застосування акустоемісійного методу для аналізу процесу струменевого подрібнення. Запропонована система аналізу даних акустичного моніторингу струменевого подрібнення.

Проведен анализ особенностей струйного измельчения. Показана возможность применения акустоэмиссионного метода для анализа процесса струйного измельчения. Предложена система анализа данных акустического мониторинга струйного измельчения.

The analysis is conducted of features of the stream growing shallow. Possibility is shown of application of akustoemissionnogo method for the analysis of process of the stream growing shallow. The system is offered of data analysis of the acoustic monitoring of the stream growing shallow.

Перспективним апаратом для здійснення тонкого помолу і одночасного обогачення матеріалів являється пневмоструйна протиточна мельниця. Реалізує в ній спосіб високоскоростного самоизмельчения матеріалів дозволяє підвищити не тільки дисперсність отриманого продукту, але і удільну продуктивність измельчителя, його енергонапруженість і к.п.д.

Крім того, з'являється можливість реально використовувати переваги високоскоростного вибіркового измельчения багатокомпонентних сумішей матеріалу з отриманням продуктів з заданими властивостями і, що немаловажно, хімічно чистих від шкідливих домішок. Процеси струйного измельчения використовують для підготовки мінерального сиров'язу в горній, хімічній, промисловій промисловості, в виробництві скла, пластмас, порошкової металургії, кераміки, вибухових речовин, твердих палив, лікарської продукції і інших видів тонкодисперсних матеріалів. Такі мельниці мають ще цілий ряд переваг по порівнянню з іншими мельницями струйного типу: простота конструкції; відносно невисокий витрата енергоносія через малу кількість робочих сопел; можливість роботи мельниці в замкнутому циклі.

**Целью статьи** является обоснование применения акустического мониторинга для исследования процесса струйного измельчения и разработка системы анализа его результатов.

Труднораскрываемые и трудноизмельчаемые рудные и техногенные материалы требуют в процессе измельчения специальной обработки, связанной с нагружением их до высокой плотности энергии. Дезинтеграцию частиц в энергонапряженных режимах, развивающих в веществе высокие напряжения и высокие деформации, на практике осуществляют газодинамическим способом измельчения путем превращения потенциальной энергии рабочего газа в кинетическую энергию разгоняемых струями частиц. Для создания режимов высоких давлений используется энергия рабочего газа (воздух, азот и др.), сжатого до давлений в диапазоне 0,3–2,0 МПа, холодного или нагретого до температуры  $T \cong 40\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В этом способе дезинтеграция (разрушение частиц, раскрытие минералов, измельчение, диспергирование) происходит без мелющих тел и без сопутствующего мелющим телам их износа, и следовательно, без приноса в продукт примесей от износа мелющих тел. Частицы измельчаются в результате взаимных столкновений друг с другом при нагружении высокоскоростными ударами, динамическим трением или в комбинированном режиме – сочетанием этих двух механизмов разрушения.

Для исследования процесса измельчения используется акустоэмиссионный метод [3, 4]. Акустическая эмиссия (АЭ) – это ультразвуковые колебания, возникающие при возникновении и развитии дефектов в контролируемом объекте под воздействием нагрузки. Акустико-эмиссионный метод основан на регистрации и анализе параметров сигналов акустической эмиссии, вызванной динамической локальной перестройкой структуры материала контролируемого объекта, обусловленной наличием и развитием в них дефектов. Источниками импульсной акустической эмиссии (АЭ) возникают в результате процессов развития трещин, переход материала в пластическое состояние и т.п., а также, процессы, связанные с наличием дефектов – трение берегов трещины, разрушение продуктов коррозии в полости трещины, разрушение и отслоение шлаковых включений. Дополнительные сигналы такого типа могут быть вызваны механическими воздействиями на контролируемую конструкцию типа ударов сторонних или плохо закрепленных предметов, трением подвижных частей, действием атмосферных осадков и т.д.

При измельчении материалов в противоточной струйной мельнице происходит выделение акустических сигналов в камере измельчения. Для их фиксации и дальнейшего анализа используется метод акустической эмиссии. На рис. 1 показана схема струйной установки с элементами оборудования для проведения акустического мониторинга.

Для реализации акустического мониторинга была разработана аппаратная измерительная система, которая показана на рис. 2.

Методика исследований параметров акустических сигналов заключалась в следующем. В процессе работы газоструйной установки регистрируются и анализируются следующие параметры акустического излучения:

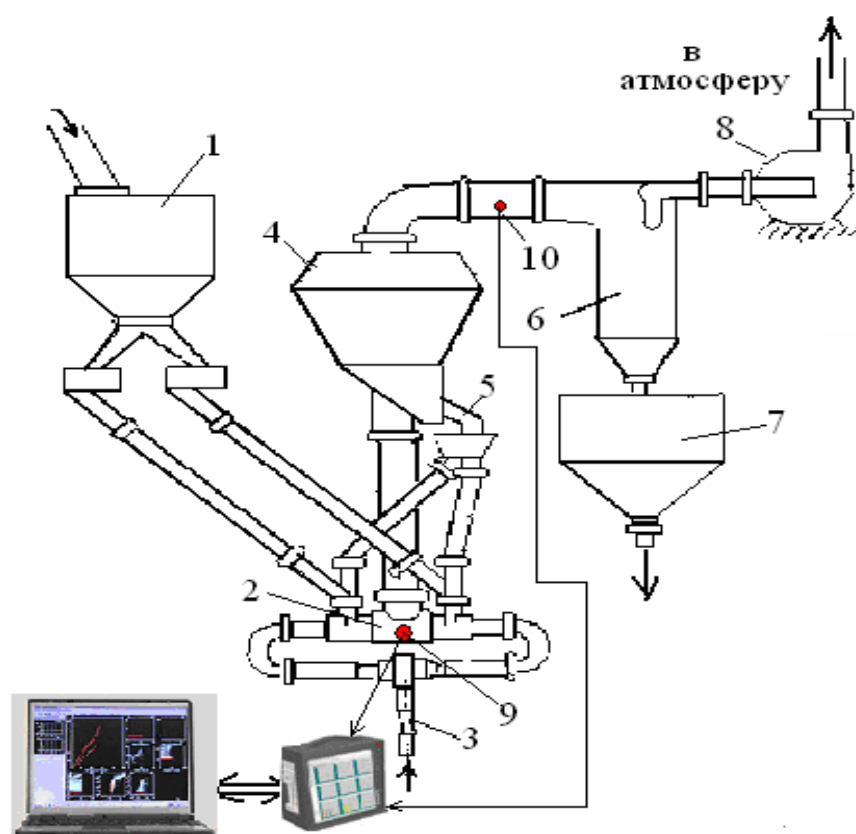


Рис. 1. Схема акустического мониторинга струйной измельчительной установки: 1 – загрузочный бункер, 2 – помольная камера, 3 – подвод энергоносителя, 4 – классификатор, 5 – возврат материала, 6 – циклон, 7 – бункер готового продукта, 8 – вентилятор, 9, 10, – места установки датчиков 1, 2

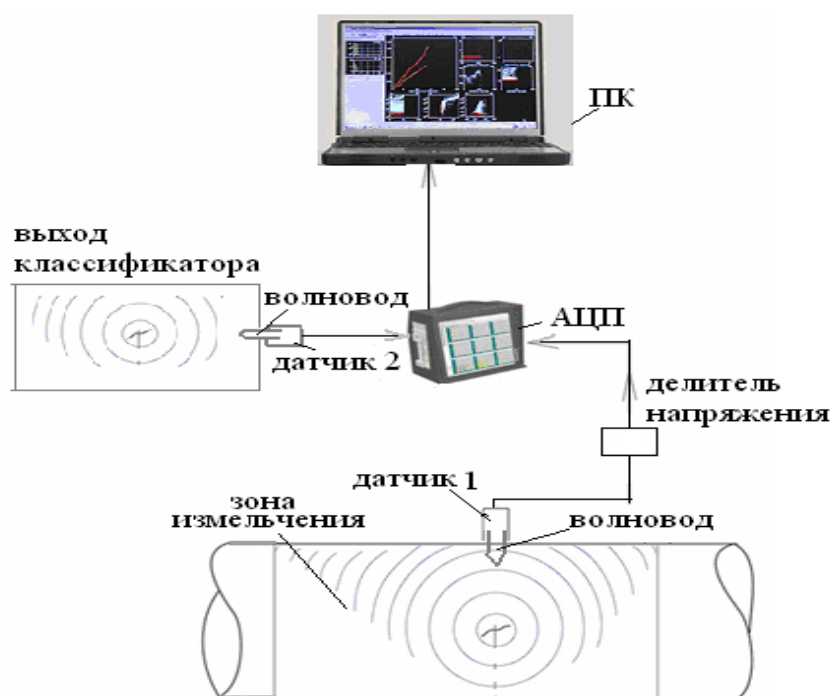


Рис. 2. Схема акустической измерительной системы

- общее число импульсов акустической эмиссии, то есть число зарегистрированных импульсов дискретной АЭ за исследуемый интервал времени;
- активность АЭ - общее число импульсов АЭ, отнесенное к единице времени;
- амплитуда АЭ - максимальное значение сигнала АЭ за выбранный интервал времени;
- распределение амплитуд АЭ за исследуемый интервал времени.

Измельчению подвергается твердый сыпучий материал разной плотности и разной крупности. В экспериментах необходимо установить корреляционные зависимости между параметрами АЭ, технологическими параметрами и показателями газоструйного процесса измельчения.

Исследуется работа мельницы в различных режимах загрузки струй материалом: полной разгрузки, устойчивой (стабильной) работы с оптимальным заполнением струй материалом и перегрузки (состояния завала). Как показали предварительные испытания, изучаемым режимам соответствуют различные показания  $N$  активности излучения и значений амплитуды  $A$  акустических сигналов (см. рис. 3).

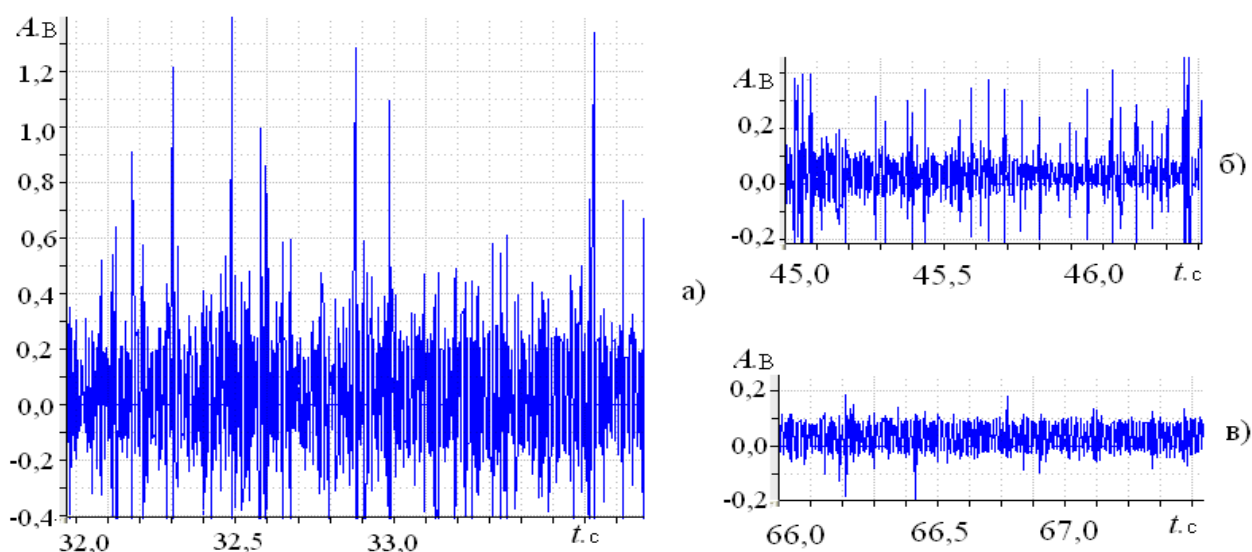


Рис. 3. Амплитудные характеристики АС в разных режимах загрузки лабораторной установки (материал – кварцевый песок, размеры частиц менее 0,8 мм): а) подача материала; б) рабочий режим; в) разгрузка струй.

Исследования показали, что по величине амплитуды можно судить о стадии измельчения (режиме загрузки струй материалом), о дисперсности материала и измельченного продукта. На рис. 4 показано различие амплитуд АС процесса измельчения шамота в зоне измельчения (б) и в потоке готового измельченного продукта (а), поступающего из классификатора.

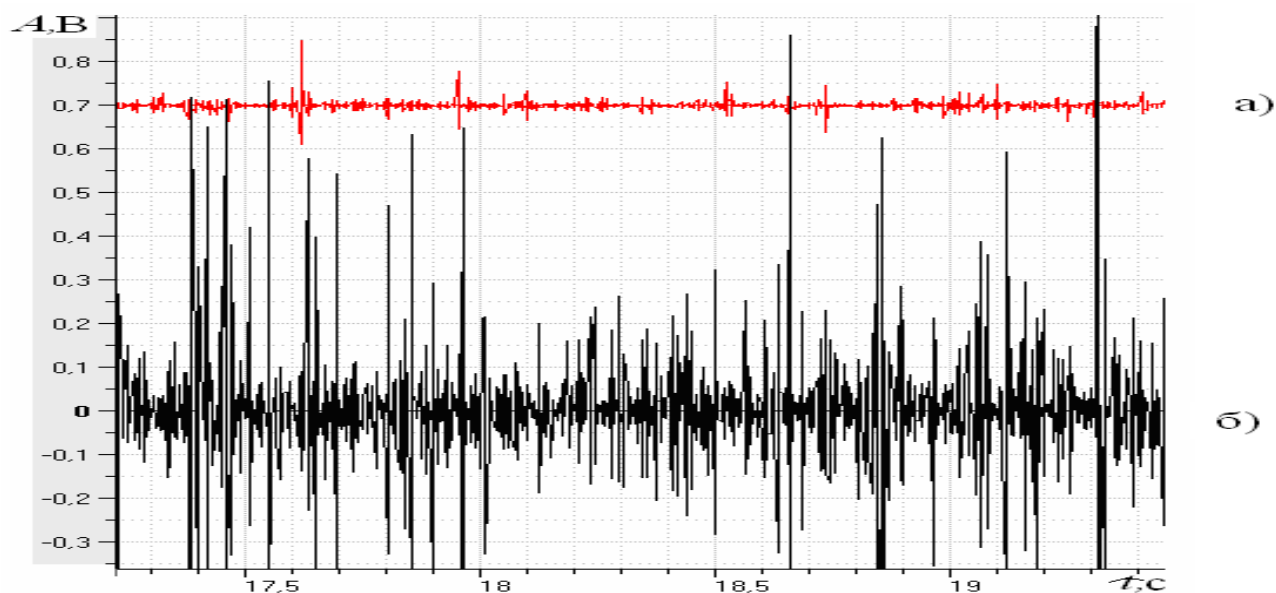


Рис. 4. Запись сигналов в зоне за классификатором (а) и в зоне измельчения (б)

Установлены зависимости акустических параметров от технологических параметров процесса измельчения. Помимо амплитуды сигналов информативным параметром является активность сигналов. По величине активности малоамплитудных сигналов можно судить о заполненности мельницы необходимостью производить ее загрузку.

**Выводы.** Разработаны основы системы анализа данных мониторинга струйного измельчения, показано применение системы для исследования различных режимов измельчения. Необходимо выявить информативные параметры акустических сигналов и расширить систему анализа данных мониторинга процесса.

#### Список литературы

1. Филин В.Я. Современное оборудование для тонкого и сверхтонкого измельчения / В.Я. Филин, М.В. Акимов. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1991. - 47 с.
2. Трипалин А.С., Буйло С.И. Акустическая эмиссия. Физико-механические аспекты.
3. Пилов П.И. Акустические и технологические характеристики процесса измельчения в струйной мельнице / П. И. Пилов, Л. Ж. Горобец, В. Н. Бовенко, Н. С. Прядко.- Известия вузов. Горный журнал. – 2009. – №4. – С. 117 – 121.
4. Горобец Л.Ж. Интенсификация процесса струйного измельчения на основе анализа акустических параметров / Л. Ж. Горобец, Н. С. Прядко, И. А. Шуляк, Ю. Г. Соболевская.- Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 2(54). – С. 15 – 19

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесаревим В.В.  
Надійшла до редакції 11.11.13*